Aus dem
Arbeitsphysiologischen Institut der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau.
Direktor: Professor Dr. A. Basler

Ueber die Kraft der Zehenstrecker und ihre Kraftzunahme durch Uebung.

Mit 8 Abbildungen im Text.

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

Vorgelegt von
Arno Rauch
Assistenzarzt

Breslau 1938

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10 Wörtherstrasse Nr. 6

Gedruckt mit Genehmigung
der medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. A. Basler
II. Referent: Prof. Dr. K. H. Bauer
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner lieben Mutter
in Dankbarkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549821_0033

Die neuesten Untersuchungen von Basler[1] machen es wahrscheinlich, daß in manchen Fällen der bei uns so häufig auftretende Knickfuß mit allen Folgezuständen durch eine Schwäche der zu den vier letzten Strahlen des Fußes gehörigen Sohlenmuskeln („laterale Spannerschwäche") bedingt ist. Sind die vier letzten Bögen des Fußgewölbes zu schwach, dann sucht man diese gefühlsmäßig möglichst wenig zu belasten und gibt deshalb dem Fuß eine solche Stellung, daß ein großer Teil des Körpergewichts auf dem medialen Bogen, also dem ersten zum Hallux gehörigen Strahl ruht, d. h. der Fuß wird auswärts gekantet. Die zur Gewohnheit gewordene Pronationsstellung des Fußes (und in den Anfangsstadien ist es tatsächlich nur eine schlechte Angewohnheit) wird eben als Knickfuß bezeichnet. Dieser ganze Symptomenkomplex hängt also damit zusammen, daß ein Teil der kurzen Sohlenmuskeln durch mangelhaften Gebrauch zu schwach gegeworden ist; [trotzdem lassen sie sich durch Training in kürzester Zeit kräftigen]. Eine wesentliche Stütze dieser Auffassung bildet eine aus dem hiesigen Institut hervorgegangene demnächst erscheinende Arbeit von Kania[2].

Problemstellung.

Wenn nun nach diesen Ergebnissen die Bedeutung der überaus wichtigen Beugemuskulatur klar zu erkennen ist, ist es auf der anderen Seite schwer verständlich, weshalb wir einen so kräftigen Muskelapparat für die Streckung der Zehen besitzen, d. h. für eine Bewegung, der scheinbar kein allzu großer praktischer Wert zukommt.

Das ist der Grund, weshalb mich Herr Prof. Basler veranlaßt hat, neue Untersuchungen über die Physiologie eben dieser Muskeln vorzunehmen, und damit unsere Kenntnisse über ihre Funktionen zu erweitern.

Die Kraft der Zehen bei der Streckung.

Über die Kraft, die die Zehen bei der Streckung ausüben können, liegen Untersuchungen von Tantzscher[3] vor. Aus ihnen geht hervor, daß die Extensionskraft der Zehen immer

1 A. Basler. Gesundheit und Erziehung. Jahrg 51, S. 122, 1938. — A. Basler. Klin Wochenschr 1938 (im Druck) — A. Basler. Unzweckmäßige Fußbekleidung als eine der Ursachen für die Entstehung von Knickfuß (Zeitschr. für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, im Druck)

2 Th. Kania. Die Kräftigung der lateralen Sohlenmuskeln und ihr Einfluß auf den Fuß. Diss. Bresl. 1938.

3 H. Tantzscher. Neue Tatsachen zur Stützung des Gesetzes über die Kraftverminderung bei symetrischer Aktion. Diss. Breslau 1938.

kleiner ist, als die Flexionskraft, die Hahn[1], Sombeck[2] und Altschaffel[3] in größeren Versuchsreihen ermittelt hatten.

Während bei den Versuchspersonen von Tantzscher die Großzehe bei der Streckung durchschnittlich um 30 bis 50% kräftiger war, als die zweite Zehe, scheint die Kraftverteilung auf die vier kleinen Zehen nicht einheitlich; oft erwies sich die vierte Zehe als die stärkste. Bei den Beugern läßt sich im Gegensatz dazu ein kontinuierlicher Kraftabfall von der zweiten zur fünften Zehe beobachten.

Diesen Ergebnissen entsprechen, wie gleich von vornherein gesagt werden soll, auch meine eigenen Untersuchungen, zu deren Gewinnung ich mich der folgenden Methode bediente. An einer gewöhnlichen Hebelwage (vgl. Abb. 1) wurde der eine Wagebalken w verlängert, und das Ende dieser Verlängerung mit einem Filzpolster versehen. Der Fuß wurde auf einem Potest p so placiert, daß die zu untersuchende Zehe mit ihrem Nagelglied unter den verlängerten Hebelarm zu liegen kam, wie aus der schematischen Darstellung zu ersehen ist.

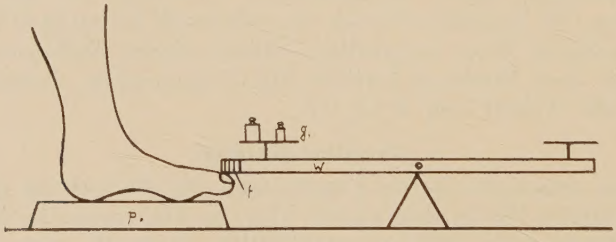


Abb. 1

Durch Belastung der gleichseitigen Gewichtsschale g konnte die Streckkraft bei Dorsalflexion der Zehen gemessen werden. Dieser Messungsmethode bot die Zehenform, besonders der beiden letzten Zehen große Schwierigkeiten. Durch die beengenden Verhältnisse in unserm Schuhwerk werden bei den meisten Menschen die kleinen Zehen nicht nur seitlich zusammengedrückt, sondern auch in eine Krallenstellung gebracht, die es beinahe unmöglich macht, die Endphalanx bei der Dorsalflexion gegen das Filzpolster f wirken zu lassen. Um diese Stellungsanomalie einigermaßen zu korrigieren, legte ich auf die Nagelglieder der Zehen Korkstücke, die so zugeschnitten wurden, daß sie für den Hebelarm eine horizontale Angriffsfläche boten. Die Fixierung der Korkstücke erfolgte durch Leukoplaststreifen.

1 J. Hahn. Über die Kraft der menschlichen Zehen. Diss. Breslau 1936. Derselbe, Arbeitsphysiologie, Bd. 9, S. 476, 1936.

2 L. Sombeck. Arbeitsphysiologie, Bd. 9, S 605, 1937.

3 H. Altschaffel Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete. Bd. 67, S. 29, 1937.

Hinsichtlich der Bewertung meiner Messungen muß beachtet werden, daß bei Anwendung meiner Methode die Last nur mit dem Nagelglied gehoben wurde; das Grundglied wäre selbstverständlich als kürzerer Hebelarm imstande, mehr zu heben. Darauf werde ich weiter unten noch zurückkommen. Hier sei gleich erwähnt, daß von einer Fixierung der nicht gerade untersuchten Zehen abgesehen wurde, da sämtliche Strecker: M. tibialis anterior, Extensor hallucis longus und brevis, Extensor digitorum communis longus und brevis, die gemeinschaftlich vom N. peronaeus profundus innerviert werden, immer gemeinsam tätig waren.

Ergebnisse für die Zehenkraft bei der Streckung.

Es wurden vier Personen untersucht, und zwar je zwei weibliche und zwei männliche. Allgemein war die Kraft bei den Männern größer, als bei den Frauen, was den Kräfteverhältnissen anderer Muskelgruppen entspricht[1]. Im einzelnen ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 1 (Streckung).

E. W. weibl. Zehe	I	II	III	IV	V	
R.	3,0	3,0	2,5	3,5	3,0	kg
L.	3,0	2,5	3,0	3,0	3,5	kg
G. W. weibl. Zehe	I	II	III	IV	V	
R.	6,5	3,5	2,0	3,0	3,5	kg
L.	4,0	2,0	1,0	2,0	2,0	kg
E. C. männl. Zehe	I	II	III	IV	V	
R.	6,5	3,5	4,0	4,0	3,0	kg
L.	6,0	3,0	3,5	3,5	3,0	kg
H. W. männl. Zehe	I	II	III	IV	V	
R.	10,0	7,0	6,5	6,5	5,0	kg
L.	9,0	6,0	6,5	6,5	4,0	kg

Daraus ist zu ersehen, daß bei den drei letzten Versuchspersonen die Kraft des Hallux größer ist, als die Kraft der vier letzten Zehen. Nur bei der zuerst angeführten Versuchsperson war die Kraft der rechten Großzehe gleich der Kraft der zweiten. Am linken Fuß betrug die Differenz nur ½ kg.

Das ist eine Erscheinung, die sich für die Beugung niemals nachweisen läßt. Diese Schwäche des Hallux könnte vielleicht ihre Erklärung in der starken Ausbildung eines Hallux valgus

1 Vergl Tantzscher. l. c.

finden, wobei neben einer Insufficienz des Abduktor hallucis auch eine Streckerschwäche der Großzehe anzunehmen ist.

Beim Vergleich der Ergebnisse von Tantzscher mit denen meiner Untersuchungen will es zunächst scheinen, daß zwischen beiden starke Unterschiede bestehen. Dies ist aber nur scheinbar der Fall und durch die Methodik der Messung bedingt. Tantzscher berichtet selbst, daß die Haltung der Zehen für die Befestigung der Last am Endglied zum Teil sehr ungünstig war. Er half sich damit, daß er nicht das Endglied belastete, sondern die Gewichtsschlaufen weiter am Grundglied angreifen ließ. Seine Hebel, deren Länge er zwar nicht für jeden Fall angibt, sind also im Durchschnitt nur ½ bzw. ⅓ so lang, wie es bei meinen Untersuchungen der Fall war. Man darf daher nicht allein die gehobenen Lasten miteinander vergleichen, sondern muß auch die Hebellängen berücksichtigen, also die Produkte aus Kraft und zugehörigem Hebelarm in Beziehung setzen. Alsdann ergeben sich keine Differenzen mehr, wie die nachfolgenden zwei Beispiele zeigen werden. Bei Belastung des Endgliedes der großen Zehe ergibt sich eine Hebellänge von ca. 4 cm, wird das Grundglied belastet, verkürzt sich der Hebel auf fast die Hälfte und beträgt ca. 2,1 cm. Tantzscher fand als Kraft der Großzehe bei weiblichen Versuchspersonen 8,45 kg, diesen stehen nur 4,5 kg nach meinen Untersuchungen gegenüber. Bilde ich aber die Produkte aus Last mal Hebellänge, so erhalte ich für beide die gleichen Werte, nämlich 4,5 mal 4 = 18,0 und 8,45 mal 2,1 = 17,7. Genau so verhält es sich bei den männlichen Versuchspersonen, die sich entsprechenden Kräfte betragen 13,9 kg bzw. 7,5 kg, die daraus zu bildenden Produkte 13,9 mal 2,1 = 29,2 und 7,5 mal 4 = 30,0.

Noch in einer anderen Beziehung beanspruchen meine Kraftbestimmungen ein gewisses Interesse. Aus ihnen geht hervor, daß

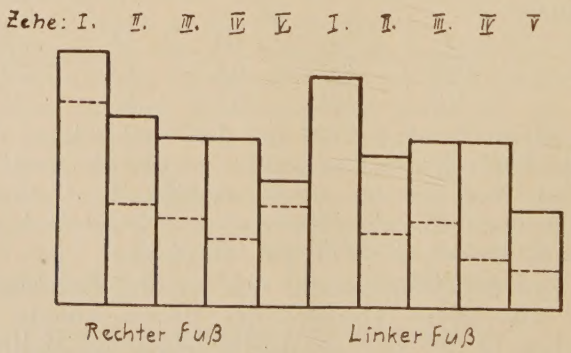


Abb. 2 Die Kraft der Zehen bei der Beugung ist punktiert dargestellt, die Kraft bei der Streckung durchgezogen.

es unter besonderen Bedingungen zu einem Überwiegen der Extensorenkraft kommen kann, wie es bei der männlichen Versuchsperson H. W. meiner Versuchsreihe der Fall war. (Vgl. Abb. 2.) Die Kraft der Beuger wurde nach der von K a n i a angegebenen Methode gemessen.

Der Grund für diese Abweichung von der Norm ist nun nicht etwa allein in einer starken Ausbildung der Strecker zu suchen, sondern in einer extremen Schwäche der Beuger. Bei H. W. bestand nämlich ein hochgradiger Knickfuß, und diese Fußdeformität wird gerade durch Insufficienz der Beuger bedingt.

Die Fähigkeit zur Kräftigung.

Meine zweite und wichtigste Aufgabe bestand darin, zu untersuchen, ob durch geeignetes Training die Kraft der Extensoren vergrößert werden kann. Dazu stand mir der im folgenden beschriebene und als Abb. 3 dargestellte Apparat zur Verfügung.

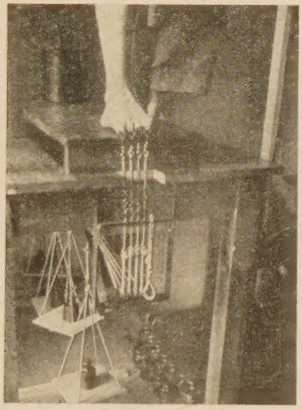


Abb. 3

An der Unterseite eines gewöhnlichen Tisches wurde ein Rollensystem von fünf Rollen (auf der Photographie nicht zu sehen) so montiert, daß jede Rolle von der nächstfolgenden in Längsrichtung 30 cm, in Querrichtung 2 cm Abstand hatte. In die Tischplatte wurde an der vorderen Stirnseite ein Ausschnitt von der Breite des Fußes gesägt, und unter diesem Ausschnitt ein U-förmiger Eisenbügel angebracht. Auf dem Querstück des Eisenbügels wurden fünf Rollen mit der Sicht nach oben befestigt. Außerdem wurde in ca. 20 cm Abstand von dem die Rollen tragenden Querstück ein zweites angebracht und mit fünf Durchbohrungen versehen, letztere lotrecht, entsprechend den darunter befindlichen Rollen. Die über das Rollensystem führenden Schnüre würden bei Durchleitung durch die Bohrlöcher eine erhebliche

Reibung erzeugen, die wiederum zu fehlerhaften Resultaten führen würde. Um diese Fehlerquelle auszuschalten, wurde das letzte Stück der Schnüre durch Eisendrähte ersetzt, die etwa 10 cm lang, an beiden Enden zu Ösen umgebogen waren. In die unteren Ösen werden die Schnüre eingebunden, die oberen, die sich über dem als Anschlag dienenden Querstück befinden, stellen die Verbindung mit den Schlaufen her, die über die Zehen gestreift werden. Durch die Schaffung des Anschlagstücks wird eine Dauerbelastung der Zehen unmöglich, vielmehr wird hierdurch die Last bei Ruhestellung der Zehen gehalten. Da der Abstand von der Abfangleiste zu den Zehen nicht konstant, sondern durch die individuelle Zehenform wechselnd ist, wurde zwischen Zehenschlaufen und Abfangleiste ein Schraubspanner montiert, der es gestattet, jede gewünschte Verlängerung bzw. Verkürzung vorzunehmen. Die Zehenschlaufen wurden aus Weißblech gefertigt und zur Verhütung von Verletzungen mit Leukoplast umwickelt. Blech wurde deshalb gewählt, da die Schlaufen nicht nur sehr zugfest, sondern auch möglichst dünn sein mußten, um die Zehen nicht durch Spreizstellung in ihrer Kraftentfaltung zu hindern. Von den Schlaufen über das Rollensystem führten Schnüre, an deren Ende die Gewichtsschalen angebracht waren. Die Versuchsperson mußte auf einem Stuhl Platz nehmen, der auf dem die Rollen tragenden Tisch stand. Auf dem Tisch befand sich außerdem ein Podest, dessen vordere Kante genau über dem Ausschnitt lag. Der zu untersuchende Fuß wurde so auf das Podest gestellt, daß die Zehen über dessen vordere Kante, also über den Ausschnitt hinausragten. Nach Anlegung der Schlaufen wurde der Abstand zwischen Zehen und Abfangleiste mittels der Schraubspanner so eingestellt, daß bei Ruhestellung der Zehen das Zwischenstück gerade gespannt war. Erfolgte Dorsalflexion, so wurden die belasteten Gewichtsschalen gehoben. Es zeigte sich, genau wie bei der Messung an der Hebelwaage, daß die kleinen Zehen mit ihrer Krallenstellung der Befestigung der Schlaufen am Endglied Schwierigkeiten bereiteten. Durch ein einfaches Mittel konnte dieses Hindernis in idealer Weise behoben werden. Klebte man nämlich an die Plantarfläche der Zehen ein 1 cm breites und ca. 5 cm langes Stück Leukoplast derart, daß das freie Ende über die Zehenkuppe und Schlaufe nach der Dorsalseite des Fußes geführt wurde, so wurde die Zehe nicht nur gestreckt, sondern gleichsam von dorsal her geschient. Abb. 3 zeigt die beschriebene Apparatur von der Stirnseite. Es ist deutlich zu erkennen, wie durch die Dorsalflexion der Zehen, die oberen Ösen von der Abfangleiste entfernt worden sind. Die große Zehe ist unbelastet, die Schlaufe für sie ist daher herunterhängend sichtbar.

Gang der Untersuchung.

Die Übungen wurden nun in der Weise vorgenommen, daß die Versuchsperson auf dem Trainingsapparat Platz nahm und nach Anlegung der Zugschleifen 50 Dorsalflexionen hintereinander ausführte. Nach je 50 Übungen wurde eine Erholungspause von fünf Minuten eingelegt. Als günstigste Übungsbelastung wurde 1 kg gefunden, nachdem zunächst mit ½ kg begonnen worden war. Bei höherer Belastung traten in der Gegend der Zehengrundglieder starke Schmerzen auf. Ich habe daher nur die Zeitdauer des täglichen Übungspensums gesteigert, was sich gut bewährte. Anfangs wurden von jedem Fuß 150 Übungen ausgeführt, nach achttägiger Trainingsdauer steigerte sich die Zahl der Übungen alle fünf Tage um 50, so daß zum Schluß 350 bis 400 ausgeführt werden mußten. Nach je 50 Übungen traten bei allen Versuchspersonen Ermüdungserscheinungen auf, die eine Pause erforderlich machten. In ihr trat vollständige Erholung ein. Traten zeitweilig Fußschmerzen auf, so wurde das Training für den betreffenden Tag kürzer bemessen. Bei dem feinen Bewegungsmechanismus des Fußes war es interessant, ein Urteil über den Einfluß der Streckerübungen auf die Beugemuskulatur zu gewinnen. Es mußte daher die Beugekraft zu Beginn und nach Schluß der Übungen gemessen werden. Schon bei oberflächlicher Betrachtung des Fußes, seines verhältnismäßig knochigen Rückens und seiner fleischigen Sohle fällt eine große Differenz der Muskelmassen auf; es durfte daher von einem Training der Strecker nicht die gleichen Rückwirkungen erwartet werden, die Kania beim Training der Beuger beobachten konnte.

Es sollte aber nicht nur der Trainingseinfluß auf die „Kraft der Zehen" bei Beugung und Streckung untersucht werden, sondern auf die ganze „habituelle Haltung des Fußes" und seine Teile, die bekanntlich für die Leistung und Ausdauer seiner Tätigkeit ausschlaggebend ist.

Ich habe daher am Anfang und Ende der Übungen bei jeder Versuchsperson die Form des Fußes festgelegt: So habe ich Gipsabgüsse, Farbabdrücke beider Füße im Stand und im Gehen hergestellt und schließlich eine photographische Aufnahme beider Füße von hinten bei Parallelstellung derselben gemacht, letzteres, um den Abknickungswinkel zwischen Fersenbein- und Unterschenkelachse eindeutig auf die Platte zu bekommen. Die Messung des Winkels erfolgte einmal auf der Platte, dann noch direkt an der Versuchsperson (s. Abb. 4, A und B). Ich ließ sie zu diesem Zweck, die Füße in Parallelstellung, auf einem Tisch mit den Haken direkt an die Kante treten. Ein starrer Pappstreifen wurde nun paralell zur Fersenbeinachse gerichtet und mit Reißzwecken an der Tischkante fixiert. Nach Kontrolle der Einstel-

lung aus der Ferne konnte die Versuchsperson wegtreten.

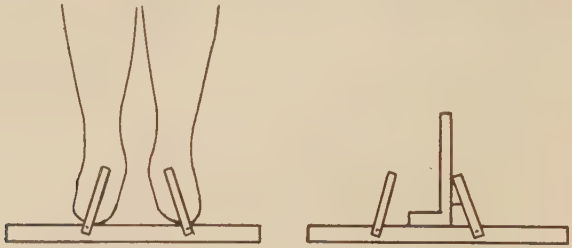


Abb. 4

A. B.

Ein auf den Tisch gesetztes Winkeleisen als Lot bildete mit dem Pappstreifen den gesuchten Winkel, der mit dem Transporteur leicht abzulesen war. Beide Messungen ergaben den gleichen Wert, wenn man die unvermeidlichen Fehlerquellen unberücksichtigt läßt.

Mir standen, wie schon oben erwähnt, für meine Übungsversuche zwei weibliche und zwei männliche Versuchspersonen zur Verfügung, alle mit mehr oder minder ausgebildetem Knickfuß. Es mag auffallen, daß für die Ausführung der Versuche so wenig Versuchspersonen herangezogen wurden; der Grund dafür liegt darin, daß jeder einzelne Versuch durch die Herstellung der Gipsabgüsse, die immer wieder vorzunehmenden Messungen und ganz besonders durch die sehr ermüdenden Übungen außerordentlich viel Zeit in Anspruch nahm. So war zu befürchten, daß durch Vermehrung der Personenzahl manche Einzelheiten der Beobachtung und der Übungstechnik hätten beeinträchtigt werden können. Die Kraftmessungen wurden bei einer Reihe von Personen nachkontrolliert, immer mit dem gleichen Ergebnis.

Die Versuche.

Zunächst scheint es mir unerläßlich, die Ergebnisse für jede einzelne Versuchsperson gesondert darzustellen.

Versuch I.

Elli W.: 26 J. alt, Größe 170 cm, Gewicht 63,5 kg.

Beide Füße zeigen in unbelastetem Zustande ein ausreichend hohes, fast normales Gewölbe. Beim Stehen wird es beiderseits stark durchgetreten, und der Fuß im ganzen erheblich verbreitert. Bei Betrachtung der Beine von hinten fällt eine Abwinkelung der Unterschenkelachse im unteren Abschnitt auf. Während normalerweise ein Lot von der Mitte der Kniekehle durch die Mitte der Achillessehne geht, um auf der Mitte des Fersenbeins zu enden, liegt in diesem Falle das Lot medial von der Fersenmitte. Es wird also zwischen Lot und Fersenmitte ein Winkel gebildet, der als Abknickungswinkel bezeichnet worden ist. Rechts betrug der Winkel 6, links 7,5 Grad. Mithin besteht ein weicher Knickplatt-

fuß. Beschwerden stellen sich nur beim Tragen von Schuhen mit hohen Absätzen ein. Die vier kleinen Zehen sind stark gekrümmt und zeigen an ihrer Dorsalseite Hornhautbildung, die schon seit dem 15. Lebensjahr bestehen soll.

Die Übungen wurden ohne Schwierigkeiten über vier Wochen fortgesetzt und wurden erst abgebrochen, als keine Kraftzunahme mehr stattfand. Schmerzen traten nur bei maximaler Belastung der Strecker, also bei der Kraftmessung auf. Nach achttägigem Training wurde die 1. Kraftmessung vorgenommen, alle weiteren im Abstand von fünf Tagen. Aus der folgenden Tabelle 2 geht die Art der Kraftzunahme hervor. Der Kraftzuwachs wurde bei jeder Versuchsperson für alle Zehen registriert.

Tabelle 2 (Streckung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I	II	III	IV	V	Zunahme zw. I—V in %
		1	8	13	18	23	
1.	Rechter	3,0	—	—	—	4,5	50,0
2.	Fuß	3,0	3,0	6,5	7,0	7,5	150,0
3.		2,5	4,5	4,5	6,0	6,0	140,0
4.		3,5	3,0	6,5	5,5	5,5	57,1
5.		3,0	3,0	5,5	6,0	6,0	100,0
1.	Linker	3,0	—	—	—	4,0	33,3
2.	Fuß	2,5	4,0	4,0	5,0	6,5	160,0
3.		3,0	3,0	5,0	6,0	6,0	100,0
4.		3,0	4,0	4,5	5,0	5,0	66,6
5.		3,5	3,0	5,5	6,0	6,0	71,4

Die Kraftzunahmen bewegen sich also zwischen 33,3% und 160% der ursprünglichen Kraft. Wie zu erwarten war, sind sie für die nicht belastete Großzehe am geringsten, während sie bei der zweiten und dritten Zehe die größten Werte erreichten.

Der Einfluß der Übungen auf die Beuger geht aus der Tabelle 3 hervor.

Tabelle 3 (Beugung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I	II	Kraftzuwachs zw. I—II in %
		1	23	
1.	Rechter	11,0	11,0	0,0
2.	Fuß	4,2	5,5	30,9
3.		3,5	5,0	42,8
4.		2,5	4,0	60,0
5.		1,0	2,5	150,0
1.	Linker	10,0	11,0	10,0
2.	Fuß	3,0	4,5	50,0
3		3,0	5,5	83,3
4.		3,0	5,5	83,3
5.		1,5	2,5	66,6

Aus den Tabellen 2 und 3 ist ersichtlich, daß, wie es Kania für die Beuger nachgewiesen hatte, auch eine Kräftigung der Strecker durch Training möglich ist, weiter aber, daß auch die Beuger, also die Antagonisten mitbeeinflußt werden. Der Kraftzunahme der Strecker bis zu 160% stehen durchschnittliche Werte von 80% bei den Beugern gegenüber, ein Beweis, daß man Übungen zwar auf eine Muskelgruppe beschränken kann, daß aber das enge Wechselspiel antagonistischer Muskeln, immer eine Kräftigung beider bewirkt.

Nach Abschluß des Trainings wurde der zweite Gipsabguß gemacht, desgleichen wurde der Winkel zwischen Unterschenkel- und Fersenbeinachse erneut gemessen. Die Erörterung der Veränderungen sei aber einem besonderen Kapitel vorbehalten.

Versuch II.

Gretel W., 24 J. alt, Größe 165 cm, Gewicht 56,5 kg.

Das Fußgewölbe ist beiderseits auch bei Belastung ziemlich gut erhalten. Der Fuß ist schmal, die Zehen sind beinahe vollständig gestreckt; sie haben aber auf der Dorsalseite druckempfindliche Hornhautschwielen. Bei Betrachtung von hinten fällt die starke Abknickung des Fersenbeins nach lateral auf. Es wird häufig über Schmerzen beim Gehen geklagt, nach längerem Stehen treten sie konstant auf. Wir haben also das Bild eines vollkommenen Knickfußes vor uns; die Schmerzen, die zudem an der medialen Seite des Fußes lokalisiert werden, machen es wahrscheinlich, daß der Knickfuß als Vorläufer des Plattfußes zu betrachten ist. Der Winkel betrug rechts 12, links 8,5 Grad. Den Einfluß der Übungen auf Strecker und Beuger geben die Tabellen 4 und 5 wieder.

Tabelle 4 (Streckung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I	II	III	IV	V	Zunahme zw. I—V in %
		1	8	13	18	23	
1.	Rechter	6,0	—	—	—	7,0	16,6
2.	Fuß	3,5	4,5	5,0	5,5	5,5	57,1
3.		2,0	3,5	4,5	4,0	4,5	125,0
4.		3,0	4,0	4,5	4,5	4,5	50,0
5.		3,5	4,0	4,5	4,5	4,5	28,5
1.	Linker	4,0	—	—	—	5,5	37,5
2.	Fuß	2,0	4,5	4,5	5,0	5,5	175,0
3.		1,0	3,0	3,5	3,5	3,5	250,0
4.		2,0	3,5	3,5	4,0	4,0	100,0
5.		2,0	3,5	3,5	3,5	3,5	75,0

Tabelle 5 (Beugung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I	II	Kraftzuwachs zw. I—II in %
		1	23	
1.	Rechter	10,0	10,5	5,0
2.	Fuß	2,5	4,5	80,0
3.		2,0	4,2	110,0
4.		1,7	3,5	105,8
5.		1,5	3,0	100,0
1.	Linker	9,0	9,0	0,0
2.	Fuß	3,0	4,8	60,0
3.		3,0	5,0	66,6
4.		1,2	2,8	133,3
5.		0,8	2,0	150,0

Die Kraftzunahmen bewegen sich bei den Streckern zwischen 16,6% und 250%, bei den Beugern zwischen 0% und 150%. Die geringsten Zunahmen sind wiederum bei der Großzehe zu verzeichnen.

Im Verlauf des Trainings traten häufig Schmerzen auf, die von den Zehengrundgliedern ausgehend, dem Verlauf der Sehnen und Muskeln folgten und bis in den Unterschenkel hinaufzogen. Aus diesem Grunde mußten die Übungen öfters abgekürzt durchgeführt werden. Trotzdem ist die Kraftzunahme nicht geringer als bei den andern Versuchspersonen. Die Füße waren in diesem Falle für Dauerleistungen nicht geeignet, was erklärlich wird, wenn wir erfahren, daß G. W. beruflich sehr viel stehen muß, wodurch ein dauernder Übermüdungszustand, und damit Fußschmerzen erzeugt werden.

Versuch III.

Erwin C., 26 J. alt, Größe 174 cm, Gewicht 78 kg.

Das Fußgewölbe ist beiderseits gering durchgetreten, die Großzehe liegt fast in der Verlängerung des medialen Fußrandes und läßt zwischen sich und der zweiten Zehe einen deutlichen Zwischenraum. Auch die übrigen Zehen zeigen in gerader Richtung nach vorn, sind aber in geringer Krallenstellung, ein Zeichen, daß der Fuß nur in der Längsrichtung eingeengt worden ist. Der Abknickungswinkel beträgt beiderseits 4 Grad. Es liegt also eine Plattfußanlage, mit leichter Knickfußkomponente vor.

Die Übungen wurden ohne Schwierigkeiten ausgeführt. Weder Schmerzen noch Müdigkeit wurden in diesem Versuch beobachtet. Die Kraftzunahmen sind für die Strecker aus Tabelle 6, für die Beuger aus Tabelle 7 zu ersehen.

Tabelle 6 (Streckung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I	II	III	IV	V	Zunahme zw. I—V in %
		1	8	13	18	23	
1.	Rechter	6,5	—	—	—	8,0	23,1
2.	Fuß	3,5	6,5	6,5	8,0	8,0	128,6
3.		4,0	6,0	6,5	8,5	8,5	112,5
4.		4,0	5,5	6,0	7,5	7,5	87,5
5.		3,0	6,0	6,0	7,5	7,5	116,6
1.	Linker	6,0	—	—	—	8,0	33,3
2.	Fuß	3,0	6,5	6,5	7,5	8,0	166,6
3.		3,5	5,5	6,0	8,0	8,0	128,6
4.		3,5	5,0	5,5	6,0	6,0	71,4
5.		3,0	6,0	6,0	6,5	7,0	133,3

Tabelle 7 (Beugung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I	II	Kraftzuwachs zw. I—II in %
		1	23	
1.	Rechter	12,0	12,0	0,0
2.	Fuß	3,0	6,0	100,0
3.		3,0	5,5	83,3
4.		1,5	3,3	120,0
5.		2,0	4,6	130,0
1.	Linker	11,0	11,5	4,5
2.	Fuß	2,5	4,0	60,0
3.		3,0	5,0	66,6
4.		1,8	4,0	122,2
5.		1,5	2,6	73,3

Auch in diesem Falle war eine erhebliche Kraftsteigerung möglich, bei den Streckern bis zu 166,6%, während sie bei den Beugern mit 130% nur wenig geringer ist. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß die Schwächung ziemlich gleichmäßig beide Muskelgruppen betroffen hatte.

Versuch IV.

Heinz W., 22 J. alt, Größe 170 cm, Gewicht 70 kg.

Ausgesprochene Knickfußbildung beiderseits, was durch Abknickungswinkel von 12,5 bzw. 14 Grad für rechts und links zum Ausdruck kommt. Zwischen der zweiten und dritten Zehe beider Füße besteht eine angedeutete Syndaktylie. Das Fußgewölbe ist abgeplattet, der Vorfuß breit. W. ist ein guter Kurzstreckenläufer und hat bisher keinerlei Beschwerden von seiten der Füße gehabt. Wie bereits in Abb. 2 dargestellt, ergab sich bei der Kraftmessung ein Überwiegen der Strecker über die Beuger.

Die verhältnismäßig große Kraft der Strecker vor dem

Training ließ nicht die gleichen Zunahmen erwarten, wie sie bei den andern Versuchspersonen übereinstimmend üblich waren. Diese Vermutung wurde durch den Verlauf der Übungen bestätigt. Denn die ursprüngliche Kraft stellte beinah das Optimum der überhaupt von diesen Muskeln erreichbaren Kraft dar, so daß der Zuwachs durchschnittlich nur um 33% beträgt. Nur in einem Falle, an der fünften linken Zehe, war eine Steigerung von 75% zu verzeichnen.

In den Tabellen 8 und 9 sind die Werte zusammengestellt. Erwähnt sei noch, daß in diesem Falle die optimale Kraft schon am ersten Messungstermin, also nach achttägigem Training für fast alle Zehen erreicht war.

Tabelle 8 (Streckung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I 1	II 8	III 13	IV 18	V 23	Zunahme zw I—V in %
1.	Rechter	10,0	—	—	—	10,5	5,0
2.	Fuß	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	28,5
3.		6,5	7,0	7,0	8,0	8,0	23,1
4.		6,5	6,5	7,5	7,5	7,5	15,3
5.		5,0	6,5	7,5	7,5	7,0	40,0
1.	Linker	9,0	—	—	—	9,8	8,8
2.	Fuß	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0	33,3
3.		6,5	8,0	8,5	9,0	9,0	38,5
4.		6,5	7,0	7,5	7,5	8,0	23,1
5.		4,0	6,5	6,5	7,0	7,0	75,0

Tabelle 9 (Beugung).

Zehe	Messung nach Tagen:	I 1	II 23	Kraftzuwachs zw. I—II in %
1.	Rechter	8,0	10,0	25,0
2.	Fuß	4,0	6,8	70,0
3.		3,5	5,2	48,6
4.		2,5	3,8	52,0
5.		4,0	6,0	50,0
1.	Linker	9,0	10,0	11,1
2.	Fuß	3,0	5,5	83,3
3.		3,5	5,5	57,1
4.		2,0	3,5	75,0
5.		1,5	2,5	66,6

Beim Vergleich beider Tabellen in diesem Versuch ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß trotz Trainings der Strecker die Kraftzunahme der Beuger größer als die der Strecker ist.

Allgemeines über die Ergebnisse.

Wie wir aus den vorstehenden Zusammenstellungen ersehen können, ist es durch Training an einem geeigneten Apparat möglich, eine Kräftigung der Streckmuskulatur der Zehen zu erzielen. Aber noch ein Zweites haben die Versuche gezeigt, daß auch die Antagonisten eine erhebliche Kräftigung erfahren. Die Höhe der Kraftzunahme ist dabei abhängig von der Anfangskraft, oder besser von dem Grad der Schwächung. Sie ist um so größer, je kleiner die Anfangskraft war. Eine weitere Beobachtung verdient hervorgehoben zu werden, und zwar die Kraftzunahme der unbelastet gebliebenen Großzehe. Sie dürfte das Ergebnis der erhöhten Bewegungstätigkeit des Fußes sein.

Die zum Teil sehr erheblichen Kraftzunahmen lassen darauf schließen, daß die trainierten Muskelgruppen für gewöhnlich nur wenig in Tätigkeit treten. Das wird verständlich, wenn wir berücksichtigen, daß der größte Teil aller käuflichen Schuhe den natürlichen Funktionen entgegenwirkt. Einmal bewirkt der Schnitt der Sohle, deren vorderer innerer Rand bekanntlich nach lateral abweicht, statt in gerader Verlängerung des medialen Fußrandes zu verlaufen, die Ausbildung eines Hallux valgus. Zweitens schaltet die Härte der Sohle alle Unebenheiten des Bodens, die einen physiologischen Reiz auf die Fußmuskeln darstellen und eine Anpassung erfordern, aus. Das Resultat dieser Schonung ist die „laterale Spannerschwäche", in deren Gefolge sich Knick- und Plattfuß entwickeln können.

Während der Übungen beobachtete ich, daß bei Belastung der Zehen und Dorsalflexion derselben, wie es ja zum Training der Strecker erforderlich ist, eine Erhöhung des Fußgewölbes sowohl innen wie außen auftrat. Die Abbildungen 5 und 6, die die Zehen von lateral in Ruhe und in Dorsalflexion zeigen, mögen das demonstrieren.

Abb. 5

Abb. 6

Daneben wurde ein Breiterwerden des Vorfußes und eine Verkürzung des Fußes im Ganzen festgestellt. Die Erklärung für diese Erscheinung dürfte durch folgende Überlegung zu geben sein. Bei der Streckung einer Zehe zieht die Sehne nicht nur nach hinten, sondern zu einem nicht unerheblichen Grade nach oben, weil ja der Fußrücken — hinter den Zehen beginnend — nach dem Unterschenkel hin ansteigt. So sucht die nach oben gerichtete Komponente nicht nur die Grundphalanx der Zehe, sondern auch das Köpfchen des Mittelfußknochens zu heben, was auf reflektorischem Wege eine kompensatorische Innervation des zugehörigen Beugers auslöst. Die Kontraktion dieses von unten her wirkenden Muskels muß so stark sein, daß dem Strecker das Gleichgewicht gehalten wird. Nur dann bleibt der Mittelfußknochen in seiner Lage. Jetzt wirkt aber die nach rückwärts ziehende Kraftkomponente sowohl des Streckers wie des Beugers im Sinne einer Stauchung auf das Metatarsalknochenköpfchen, wodurch der zugehörige Bogen mächtig gespannt und dadurch das Fußgewölbe gehoben wird.

Die Tatsache, daß auch für die Zehenstreckung die Sohlenmuskeln in Anspruch genommen werden, wird dadurch unterstrichen, daß beim Üben der Strecker gleichzeitig auch die Beuger gekräftigt wurden.

Der Einfluß des Streckertrainings auf den Abknickungswinkel zwischen Ferse und Unterschenkel.

In den einzelnen Versuchsbeschreibungen ist jeweils der Winkel zwischen Fersenbein- und Unterschenkelachse vor den Übungen angegeben worden. Es wurden dabei Werte zwischen 3 und 14 Grad gefunden. Aus der Gegenüberstellung in Tabelle 10 ist zu ersehen, welche Veränderungen durch die Übungen bewirkt worden sind.

Tabelle 10.

Name	rechts		links	
	vor	nach	vor	nach
E. W.	6,0	5,0	7,5	5,5
G. W.	12,0	9,0	8,5	6,5
E. C.	4,0	4,0	4,0	3,0
H. W.	12,5	8,0	14,0	10,0

Als Ergebnis ist zwar eine Besserung des Abknickungswinkels zu buchen, doch ist der Grad gegenüber den von Kania[1] erzielten Werten recht gering. Wenn wir uns aber die anatomischen Verhältnisse ins Gedächtnis zurückrufen, so durften wir eine merkliche Beeinflussung der Abknickung bei alleinigem Training der Strecker gar nicht erwarten. Denn den Streckern kommt neben

1 Th. Kania. Die Kräftigung der lateralen Sohlenmuskeln und ihr Einfluß auf den Fuß. Diss. Breslau 1938.

der Streckung auch die Pronation zu, eine Bewegung also, die auf Außenkantung des Fußes abzielt. Wenn trotzdem eine Besserung des Winkels eingetreten ist, so ist sie das Ergebnis der gleichzeitig gekräftigten Beuger, die nunmehr imstande sind, ihrer Funktion besser nachzukommen.

Der Einfluß des Trainings auf das Fußgewölbe.

Vergleicht man die Gipsabdrücke, die vor bzw. nach dem Training gewonnen wurden, so fallen mehrere Unterschiede zwischen beiden auf. Zunächst ist an den nach den Übungen hergestellten Gipsreliefs eine Verkürzung des Fußes festzustellen, weiter ist die Erhöhung des Gewölbes unverkennbar. Das kommt besonders durch die verschiedenen Schattenkonturen in Abb. 7 zum Ausdruck.

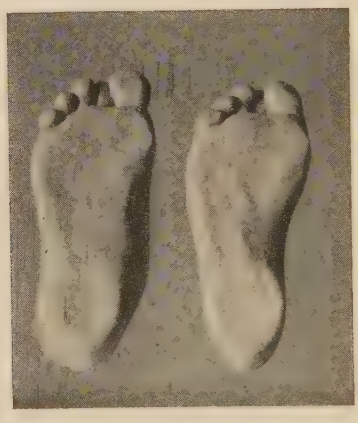
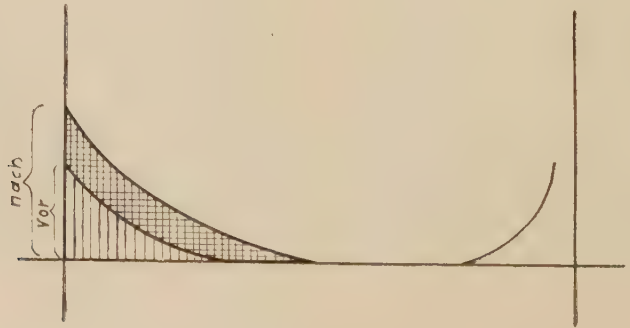


Abb. 7

Ein sicheres Bild von dem Grad der Veränderung geben die nachstehenden Profile. Sie wurden dadurch gewonnen, daß ich an der Stelle der größten Höhe des Gewölbes einen leicht biegsamen Bleiblechstreifen senkrecht zur Sohlenachse anmodellierte. Der Streifen wurde dann vorsichtig abgenommen und auf einem Blatt Papier nachgezeichnet. Auf der Abbildung 8 ist das Fußgewölbe der Versuchsperson H. W. dargestellt.

Abb. 8



Die einfach schraffierte Zone stellt die Gewölbehöhe vor dem Training, die doppelt schraffierte nach dem Training dar. Beide Zustände wurden mit Absicht in einer Zeichnung vereinigt, um die Differenz besonders hervorzuheben. Das gleiche Verhalten zeigten die Profile der anderen Paare von Gipsabgüssen, die hier nicht wiedergegeben sind. Ein weiterer Unterschied zwischen den Abdrücken besteht darin, daß das Relief der Sohle nach den Übungen plastischer wirkt, d. h. die einzelnen Muskelzüge prägen sich deutlich ab, während die Sohle vorher eine ziemlich einheitliche Fläche darstellte (vgl. Abb. 7).

Zu entsprechenden Ergebnissen führten die Farbabdrücke der Fußsohle. Auch in ihnen ist eine Verkürzung und Verschmälerung der Sohle zu erkennen.

Training der Beuger.

Zum Beweise, daß auch bei meinen Versuchspersonen der Abknickungswinkel tatsächlich von der Kraft bzw. der Schwäche der Zehenbeuger abhängig ist, machte ich einen Kontrollversuch. Nach Abschluß des Streckertrainings ließ ich meine Versuchspersonen noch 14 Tage Beugertraining durchführen; gleichzeitig wurde alle zwei Tage der Kraftzuwachs der Zehen bei der Beugung gemessen. Das Ergebnis bestätigte meine Vermutung; mit der Zunahme der Beugerkraft trat noch eine wesentliche Verkleinerung des Abknickungswinkels ein. In der Tabelle 11 sind die Ergebnisse für die Versuchsperson E. W. noch einmal wiedergegeben. Es wurde der Wert für die Kraft vor dem Streckertraining und danach und in der letzten Sparte der Schlußwert nach zusätzlichen 14tägigen Beugerübungen eingetragen, dahinter findet sich der prozentuale Kraftzuwachs.

Tabelle 11.

Zehe	Streckertraining		Beugertraining	Kraftzuwachs
	I vor	II. nach	III. nach 14 Tg	zw. I-III in %
1.	11,0	11,0	14,0	27,2
2.	4,2	5,5	6,5	54,7
R. 3.	3,5	5,0	5,5	57,1
4.	2,5	4,0	5,0	100,0
5.	1,0	2,5	4,0	300,0
1.	10,0	11,0	13,0	30,0
2.	3,0	4,5	6,5	116,6
L. 3.	3,0	5,5	6,0	100,0
4.	3,0	5,5	5,5	83,3
5.	1,5	2,5	4,5	200,0

Aus dieser Aufstellung geht hervor, daß die kleinen Zehen am Kraftzuwachs am stärksten beteiligt waren. Während durch den Einfluß der Streckerübungen Werte von maximal 150% erreicht

wurden, bewirkten die Beugerübungen in manchen Fällen eine Verdoppelung dieser schon recht ansehnlichen Kraftsteigerung. Der Abknickungswinkel hatte sich, wie oben bereits ausgeführt, nach dem Streckertraining rechts von 6 auf 5 Grad, links von 7,5 auf 5,5 Grad gebessert. Im Anschluß an die 14 Tage Beugertraining war er rechts 2,5 und links 3 Grad groß. Damit dürfte die eindeutige Überlegenheit der Beuger bei der Verhinderung bzw. Besserung des Knickfußes sichergestellt sein.

Erörterung der Ergebnisse.

Zum Schluß muß noch die Frage gestreift werden, von der wir ausgegangen sind, nämlich die nach der physiologischen Bedeutung der Zehenstreckung.

Die Streckung der Zehen ist zweifellos beim Gehen notwendig. Während der Fuß nach vorn schwingt, werden die Zehen extendiert. Wie aus Untersuchungen hervorgeht, die zur Zeit im hiesigen Institut ausgeführt werden, würden die Zehen unbedingt am Boden anstoßen, wenn sie nicht zur rechten Zeit aktiv nach oben gedreht werden könnten. Aber die Kraft, mit der das geschieht, ist so klein,[1] daß diese Bewegung, so wichtig sie auch ist, nicht den überaus kräftigen Muskelapparat rechtfertigt.

Der eigentliche Zweck der Zehenstrecker ist der von Antagonisten für die so überaus wichtigen Spanner des Fußgewölbes. Wir haben gesehen, daß jede kräftige Zehenstreckung eine Mitarbeit der Beugemuskulatur erfordert. Genau in der gleichen Weise macht auch jede Beugung eine kraftvolle Zusammenziehung der Strecker notwendig.

Jetzt seien mir noch einige Bemerkungen zu den Ergebnissen gestattet. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß durch Kräftigung der Fußmuskulatur eine starke Beeinflussung des Fußes möglich ist, ja daß erhebliche Grade von Deformierungen, wie Knick- und leichter Plattfuß gebessert werden können, so daß eine Form und Leistung des Fußes zustande kommt, die sich einigermaßen dem nähert, was uns als Ideal vorschwebt. Wenn aber der Fuß des Kulturmenschen vor den Übungen so sehr vom Normalen abweicht, dann müssen bestimmte Ursachen vorliegen, auf die hier mit einigen Worten eingegangen sei.

Von solchen Ursachen mag es verschiedene geben, wie das Straßenpflaster der Großstädte usw. Weit im Vordergrund steht aber zweifellos die unzweckmäßige Fußbekleidung.

Der Fuß des Europäers wird von frühester Jugend an in Schuhe gezwängt, die die Zehen zusammenpressen und dadurch jede freie Bewegung derselben hemmen. Infolge von Inaktivitätsatrophie wird sowohl die Beuge- wie die Streckmuskulatur geschwächt.

1 Noch nicht veröffentlichte Untersuchungen aus dem arbeitsphysiologischen Institut.

Die Inaktivität hat eine Atrophie, besonders der lateralen Fußmuskeln zur Folge, deren Schwäche zunächst reflektorisch zur Knickfußstellung führt. Der Überbelastung des medialen Fußbogens halten die dem ersten Strahl zugeordneten Muskeln nur eine gewisse Zeit stand. Der Muskelwiderstand erlischt, wodurch die zweite Sicherung des Gewölbes, der Bandapparat, eine Dauerbelastung erfährt, für die er physiologischerweise nicht eingerichtet ist. Es kommt zu einer Bänderdehnung und damit tritt zum Knickfuß auch noch Plattfuß. Weiterhin wird durch die Schuhspitze der Hallux abduziert, und die vier letzten Zehen werden krallenförmig gekrümmt.

Die Zusammenhänge dieser Anomalien mit dem Tragen unzweckmäßigen Schuhwerkes sind in verschiedenen Arbeiten,[1] die aus dem hiesigen Institut hervorgegangen sind, gezeigt worden. Es sei nur noch ein von Basler[2] angeregtes Experiment erwähnt: Ein junges Mädchen, das immer Schuhe zu tragen gewohnt war, ging 14 Tage lang barfuß. Vor und nach der Versuchszeit wurde je ein Gipsabdruck des Fußes hergestellt, wobei sich nach dem Barfußgehen eine auffällige Hebung des Fußgewölbes, Verkleinerung des Halluxwinkels und größere Kraft der vier letzten Zehen zeigte. Der unmittelbare Zusammenhang zwischen Plattfuß und Lebensgewohnheiten wird in einer amerikanischen Arbeit gezeigt. Bei der Untersuchung von 10 000 Kindern fand Roberts[3] auffällige Unterschiede zwischen Stadt und Land. So war die Plattfußhäufigkeit in der Stadt bis zu sechsmal größer als auf dem Lande. Das dürfte den ungemein wichtigen Einfluß der Fußbekleidung besonders kraß unterstreichen. Stellen doch die Landkinder eine Gruppe dar, die durch Barfußgehen und breitere Schuhe den schädigenden Einwirkungen des Schuhwerks viel weniger ausgesetzt sind als die Stadtkinder.

1 A. Basler. Münch. med. Woch. 84, 1333, 1937. Gesundh. u. Erzieh. 51, 122, 1938. L. Sombeck. Arbeitsphys. Bd. 9, 605, 1937. – H. Altschaffel. Zeits. f. Orthop. Bd. 67, 29, 1937.

2 E. Sauermann. Med Welt, 1937, Nr. 23.

3 P. W. Roberts Prevention and Treatment of weakfoot in children. Journ. of the Amer. Assoc. Bd. 75, Nr. 4.

Zusammenfassung des Inhalts.

1. Mit einem eigens dazu gebauten Apparat wurde die Kraft bestimmt, die die Zehen bei der Streckung ausüben.

2. Dabei zeigte sich, daß die Kraft des Hallux nicht so stark gegenüber den andern Zehen überwiegt, wie das bei der Beugung der Fall ist.

3. Es kann sogar vorkommen, daß der Hallux und die zweite Zehe die gleiche Kraft besitzen.

4. Im allgemeinen ist die Kraft bei der Streckung der Zehen nicht so groß, wie die bei der Beugung erzielte. Aber auch hierin kommen Ausnahmen vor.

5. Es ließ sich nachweisen, daß durch Übungen an dem Trainingsapparat die Kraft der Streckmuskeln bis zu 250% gestärkt werden kann.

6. Durch die Streckerübungen erfuhren auch die Beuger eine Kräftigung; ihr Kraftzuwachs war mit maximal 150% selbstverständlich geringer.

7. Die Großzehe wurde bei den Übungen nicht belastet, auf Grund der leeren Mitbewegung erfuhr auch sie eine Kräftigung, sowohl für Beugung als auch für die Streckung.

8. Der Abknickungswinkel wurde nur wenig beeinflußt, seine geringe Änderung ist den gekräftigten Beugern zuzuschreiben.

9. Nachträgliches Beugertraining korrigierte den Abknickungswinkel fast bis zur Norm, d. h. der Winkel wurde sehr klein.

10. Durch das Training wurde der Fuß im ganzen verkürzt und sein Gewölbe erhöht, beide Veränderungen erreichen nicht die Grade, die durch Beugertraining erzielt werden können.

11. Die Hauptfunktion der Zehenstrecker ist neben der beim Gehen wichtigen Abwinkelung der Zehen nach oben, die, daß sie als Antagonisten der Beugemuskeln wirken.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Basler für die Stellung des Themas und für seine freundliche Unterstützung meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 10. September 1910 wurde ich, Arno Rauch, als Sohn des Lichtbildners Waldemar Rauch und dessen Ehefrau Olga, geb. Priebe, zu Culm in Westpreußen geboren. Von Ostern 1917 bis zur Besetzung Westpreußens durch Polen besuchte ich die dortige Realschule. Im Frühjahr 1921 zogen meine Eltern nach Stettin, wo ich meine Schulzeit an der Bismarck-Oberrealschule fortsetzte. Am 1. März 1930 bestand ich an der gleichen Schule das Abiturium. Anschließend studierte ich Medizin, und zwar in Berlin, Heidelberg und Breslau. Hier bestand ich auch das Medizinische Staatsexamen am 27. Februar 1937. Nach Ableistung des Praktischen Jahres wurde mir am 1. Mai 1938 die Bestallung als Arzt erteilt.